

# Jety a algoritmy pro jejich rekonstrukci

Josef Bobek

WEJCF 2019

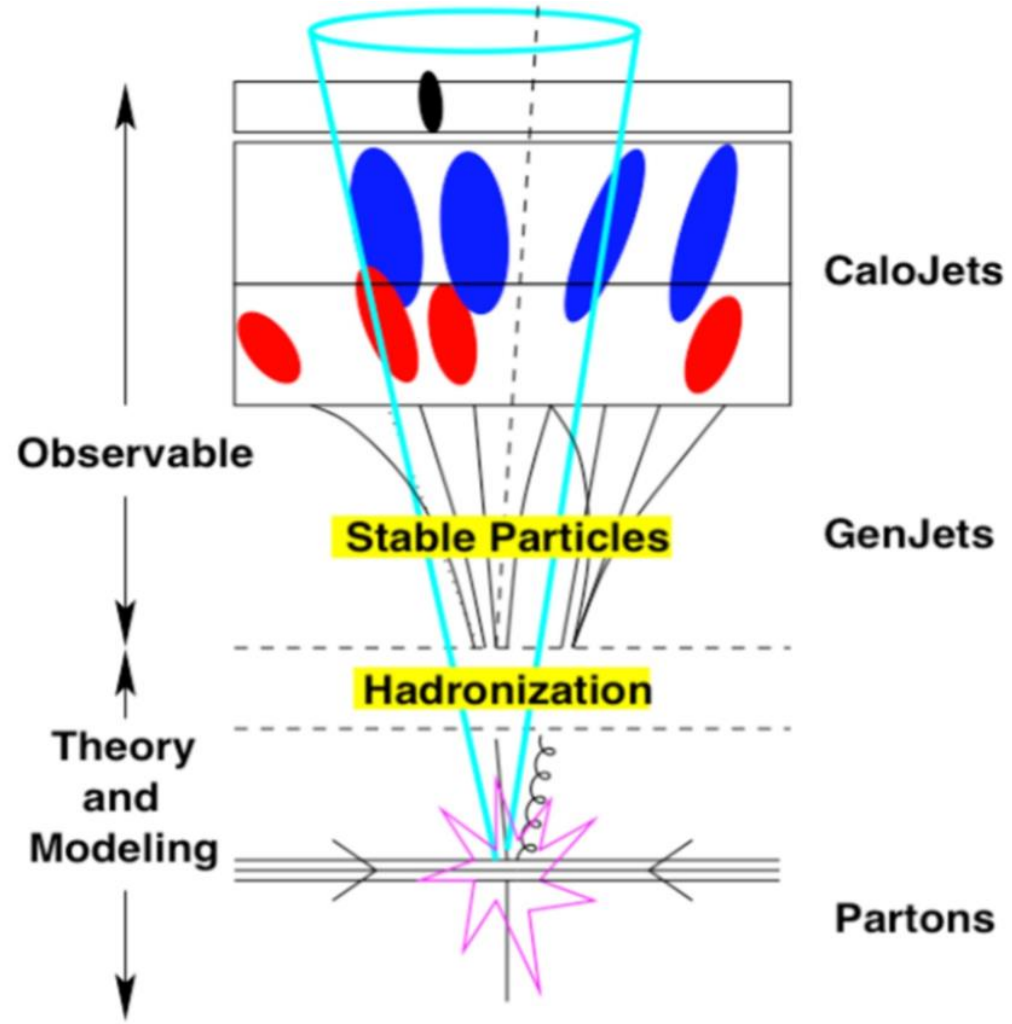
# Obsah

- Jety
- Důležité aspekty při rekonstrukci
- Cone algoritmy
- Princip sequential clustering
- Sequential clustering algoritmy
- Porovnání

# Jety

- Pár partonů s vysokou příčnou hybností  $p_t$
- Pod nízkým úhlem s původní trajektorií vyzáří gluon
- Gluon následně produkuje  $q\bar{q}$  pár nebo vyzáří další gluon
- Další tvorba  $q\bar{q}$  pokud se kvarky v původním páru vzdálí nad kritickou hodnotu ( $\sim 1\text{fm}$ ) - Color confinement
- Vytvořené kvarky společně s dalšími volnými kvarky (QGP) se zkombinují do barevně neutrálních hadronů
- Vytvoří se kolimovaný cluster hadronů, který má stejnou čtyřhybnost a spin jako původní parton

# Jety



# Důležité aspekty při rekonstrukci

- Jet radius  $R$ 
  - Větší  $R$  pro obsažení všech hadronů vzešlých z původního partonu k co nejpřesnějšímu určení energie jetu
  - Menší  $R$  pro redukci underlying eventů (UE) a pile-up (PU)
- IRC safe (infra-red and collinear)
  - Používání collinear unsafe algoritmu nezaručuje stejný výsledek při rovnoběžném rozpadu částice
  - IR safe algoritmus nemění jet při přidávání částic s nízkým  $p_t$
  - IRC unsafe algoritmus ovlivňuje perturbativní QCD výpočty

# Algoritmy na rekonstrukci jetů

- IC-PR
- IC-SM
- SIScone
- $k_t$
- anti- $k_t$
- Cambridge/Aachen



# Cone algoritmy

- Předpoklad – sprška částic z jetu bude v kuželovitých regionech
- Jejich clustrování v  $(\eta - \varphi)$  rovině má kruhové hranice

$$\eta = -\ln \left[ \tan \left( \frac{\theta}{2} \right) \right]$$

- Byly preferovány díky jednoduché implementaci, ale kritizovány za „they contain non-physical constants“
- Obecně IRC unsafe

# IC-PR

- *The iterative cone algorithm with progressive removal*
- Collinear unsafe
- CMS iterative cone, Pythia cone
- Najít nejvyšší  $p_t$  a to prohlásit za seed
- Udělat kolem něj kruh o poloměru  $R$
- Sečíst pomocí čtyřvektorů částice ve vytyčeném obsahu a určit „trial“ osu jetu
- Pokud je stejná jako osa seedu je toto prohlášeno za jet, částice jsou odstraněny ze seznamu a hledá se další nejvyšší  $p_t$
- Pokud osy neodpovídají „trial“ osa je prohlášena za seed



# IC-SM

- *The iterative cone algorithm with the split merge procedure*
- IR unsafe
- JetClu, midpoint cone, ATLAS cone
- Všechny buňky nad  $E_{cut}$  prohlásit za seed
- Stejné porovnávání os jako u IC-PR bez odstraňování částic ze seznamu
- Ty u kterých osy odpovídají, prohlásím za jety
- Částice si dělí pomocí split merge procedury

# SIScone

- *The seedless infra-red safe cone algorithm*
- Díky menší oblasti není ovlivněn tolik UE a PU
- Má také možnost mít oblast větší než  $R$  a díky tomu má větší rozlišení
- Není vhodný pro označování multi jetů

# Sequential Clustering Algorithms

- Předpoklad, že částice jetu mají malý rozdíl v  $p_t$
- V minulosti neoblíbené kvůli vysokým nárokům na výpočetní výkon
- Pak přišel FastJet
- Dobrý výkon a jednodušší implementace
- IRC safe
- Superior oproti cone algoritmům

# Princip - Sequential Clustering

$$d_{ij} = \min(p_{ti}^a, p_{tj}^a) \cdot \frac{R_{ij}^2}{R}$$

- $a$  je exponent odpovídající konkrétní metodě
- $R_{ij}^2 = (\eta_i - \eta_j)^2 + (\varphi_i - \varphi_j)^2$
- $R$  je obvykle voleno mezi 0,4 až 1

$$d_{iB} = p_{ti}^a$$

$$\min(d_{ij}, d_{iB})$$

# Princip - Sequential Clustering

- $d_{ij} = \min(p_{ti}^a, p_{tj}^a) \cdot \frac{R_{ij}^2}{R}$        $d_{iB} = p_{ti}^a$
- $d_{ij}$  minimum:
- Částice  $i$  a  $j$  je prohlášena za jednu částici s vlastnostmi původních (sčítání čtyřvektorů) a následně jsou  $i$  a  $j$  odstraněny ze seznamu částic
- Inkluzivní clustering: opakují dokud  $R_{ij} > R$
- Exkluzivní clustering: opakují dokud nemám požadovaný počet částic

# $k_t$

- $a = 2$
- $d_{ij} = \min(p_{ti}^2, p_{tj}^2) \cdot \frac{R_{ij}^2}{R}$        $d_{iB} = p_{ti}^2$
- $k_t$  preferuje nejprve clustering částic s nízkým  $p_t$
- Velmi citlivý na UE a PU
- Využívá se tedy na eliminování UE a PU

# Anti- $k_t$

- $a = -2$
- $d_{ij} = \min\left(\frac{1}{p_{ti}^2}, \frac{1}{p_{tj}^2}\right) \cdot \frac{R_{ij}^2}{R}$        $d_{iB} = \frac{1}{p_{ti}^2}$
- Preferuje částice s vysokým  $p_t$
- Je jen mírně citlivý na UE a PU
- Preference na vysoké  $p_t$  z něj dělá nejlepší algoritmus na rekonstrukci jetů
- Díky slabému de-clusteringu není dobrý na studování struktury jetů

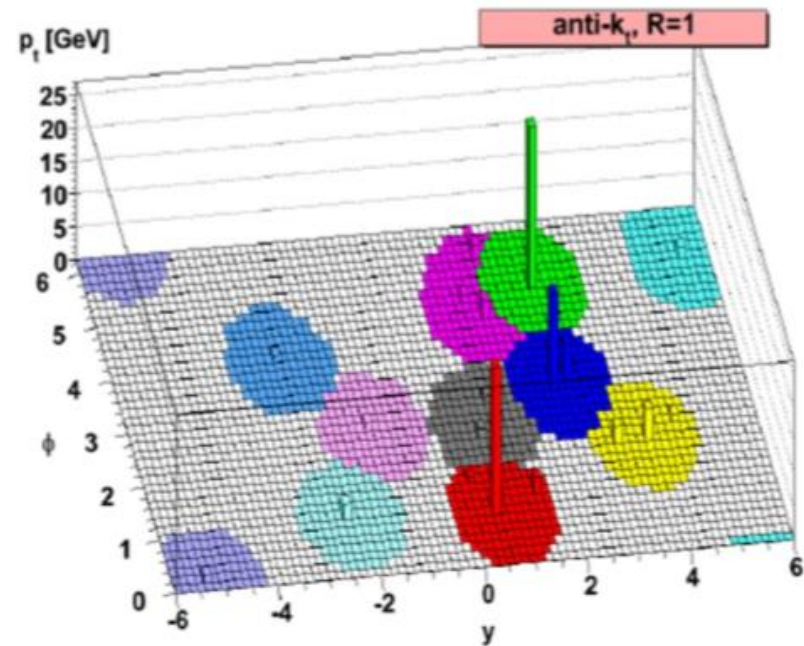
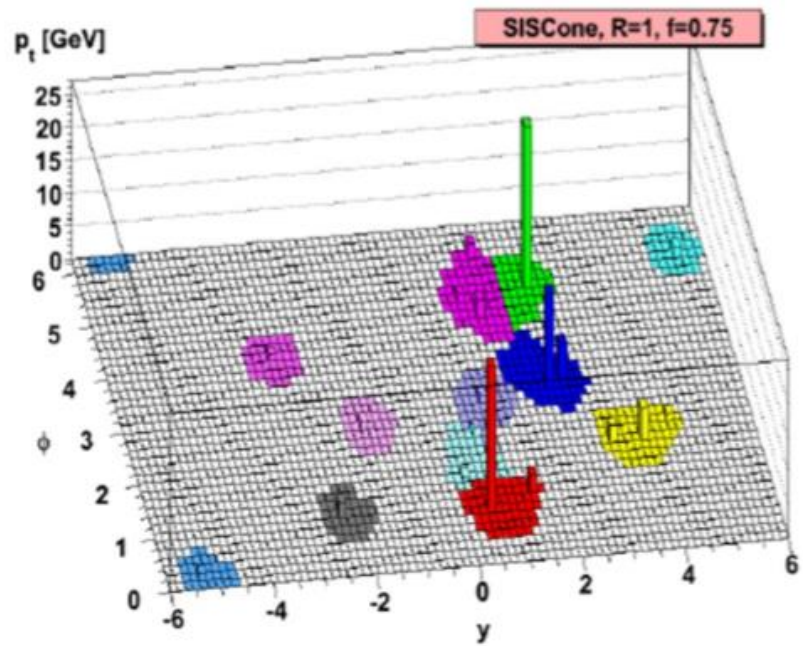
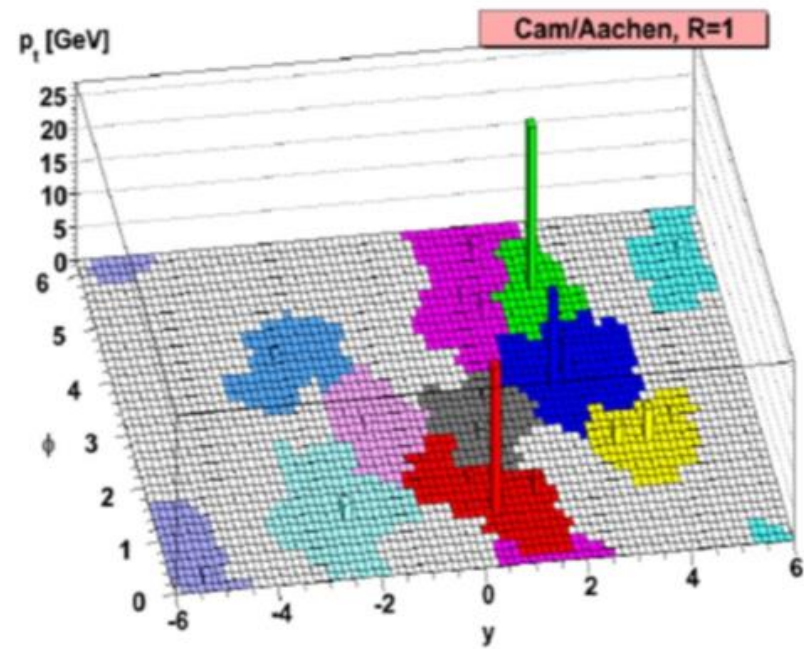
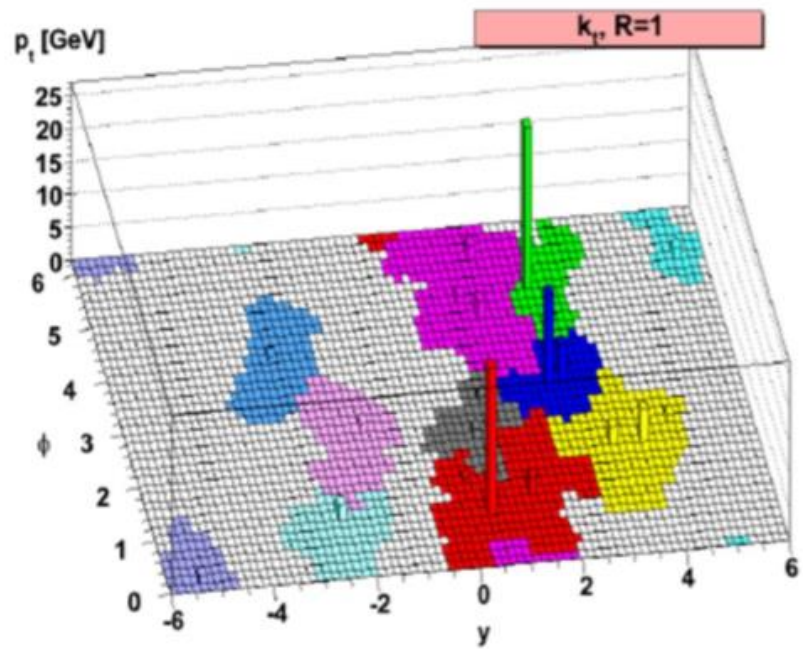
# Cambridge/Aachen

- $a = 0$

- $d_{ij} = \frac{R_{ij}^2}{R} \quad d_{iB} = 1$

- Díky nezávislosti na  $p_t$  je dobrý na de-clustering a nejlepší na studium struktury jetu
- Avšak de-clustering má horší než  $k_t$





# Zdroje

- [1] M. Cacciari, G. P. Salam, G. Soyez: FastJet user manual, CERN-PH-TH/2011-297
- [2] M. Connors, C. Nattrass, R. Reed, and S. Salur, Jet measurements in heavy ion physics, Rev. Mod. Phys. 90, 025005.
- [3] Ryan Atkin, Review of jet reconstruction algorithms, J. Phys.: Conf. Ser. 645 012008

DĚKUJI ZA POZORNOST